

宁波市 P+R 停车收费优化研究

费锋丹

(武汉理工大学 交通学院, 湖北 武汉 430063)

摘要: 目前城市交通城镇化、机动化程度不断加深,中国城市正面临双重压力,同时生态环境与土地资源的紧缺也使城市发展严重受限,供需矛盾日益加剧,道路拥堵状况加剧。文中分析停车换乘 P+R(Park and Ride)出行方式对缓解城市交通拥堵的重要作用;通过实地调查和问卷调查,分析宁波市现有 P+R 停车场存在的弊端,确定影响居民选择停车换乘方式出行的因素;在非集计二项 Logit 模型理论的基础上,建立不同收费情况下停车换乘出行选择模型,提出合理的 P+R 停车收费政策建议,加强 P+R 设施的换乘接驳作用。

关键词: 城市交通;P+R 停车换乘;停车收费;交通需求

中图分类号:U491.7

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2020)03-0037-05

停车换乘(Park and Ride,简称 P+R)是一种交通需求管理的过渡政策,是引导小汽车向公交方式转换、提高公交使用效率、缓解城市交通拥堵、调整城市交通出行结构和交通流时空分布的有效措施之一。国内外很多学者对停车换乘进行了相关研究,如 Daniel Baldwin Hess 分析了免费停车对通勤者选择交通出行方式的影响,并建立了出行方式选择 MNL 模型,在免费和收费两种情况下预测通勤者选择各种交通方式的概率;Peter J. Foote 对芝加哥公交局工作日 P+R 用户的潜在公共交通选择进行了调查研究;李语萱以长沙轨道交通 4 号线光达站为研究对象,对发展 P+R 模式的必要性、可行性进行分析,并根据该站实际设计了 P+R 停车换乘系统;喻军皓分析了上海市 P+R 停车场库的现状,针对影响 P+R 停车场库运营效果的主要因素,明确了 P+R 停车换乘的功能定位,提出了上海市 P+R 停车的发展策略及政策保障措施;史明鑫根据效用最大化理论建立二项 Logit 模型,提出了停车换乘设施的选址、设计、供给、费用、优惠、交通政策及宣传推广等方面的政策建议;曹弋等基于随机用户均衡理论构建包含地铁、公交、小汽车及 P+R 4 个选择肢的 Logit 模型,利用调查数据进行参数标定,通过调整不同区域的停车收费价格,得到停车费用与 P+R 及全程小汽车出行比例的关系,并分析了区域差异性停车收费的效果。该文以建立合理的停车收费政策为目标,对宁波市 P+R 停车收费进行优化,以充分发挥 P+R 停车出行方式的优势及换乘接驳作用,缓解主城区交通压力。

1 宁波 P+R 停车收费现状

1.1 P+R 停车设施现状

目前宁波市轨道交通 1 号线和 2 号线一期已开通运营,为宁波市居民出行带来了极大便利。为接驳运营轨道交通,在轨道站点周边规划设置了一系列 P+R 停车场,引导居民采用停车换乘的方式出行。截至 2016 年底,轨道 1 号线和 2 号线一期已建 P+R 停车场 13 处,设置停车位 2 736 个,其中临时停车位 2 490 个,占总 P+R 接驳车位数量的 91%;已建接驳轨道 1 号线的 P+R 停车场 11 处,停车位 2 026 个,其中临时停车位为 1 780 个,占总车位数量的 88%;已建接驳轨道 2 号线一期工程的 P+R 停车场 2 处,停车位 710 个,均为临时停车场。在已设置 P+R 停车场的 13 个轨道站点中,按照规划 P+R 停车场规模实施到位的站点仅 2 个,停车位为 246 个;其余 11 个 P+R 停车场均为临时停车场,占 P+R 停车场数量的 85%。

目前宁波市 P+R 停车场建设相对较滞后,P+R 停车场车位规模完成率仅 59%,且多为临时停车位,永久停车位仅占实施停车位的 9%,完全按规划实施到位的 P+R 停车场也仅占已建设实施 P+R 停车场的 15%。

1.2 P+R 停车场收费现状

目前宁波市明确将 P+R 停车场作为公共(益)性单位配套停车场,公共交通场站停车场和政府投资的公共停车场都由政府定价,其收费标准见图 1。

在 P+R 停车场收费执行过程中,除轨道 2 号

线的清水浦站严格按照图 1 所示收费标准执行外,多数已建 P+R 停车场都还未被规范管理,实施免费政策。图 2 为轨道 1 号线望春桥站实行的优惠政策。虽然目前收费标准较低,但由于受外围道路免费停车和停车执法管理不到位的影响,望春桥站 P+R 停车场的车位使用率只有 20% 左右。

收费标准		
停车时间		停车收费
8: 00—18: 00	1 h(含)内	免费
	2 h(含)内	3 元/车次
	2 h以上	超过部分2 元/(车次 · h)
18: 00(含)一次 日8: 00(含)	1 元/(车次 · h)，最高不超过3 元/车次	
注: 连续停放24 h(含)最高不超过12 元		

图 1 宁波 P+R 停车场收费标准

收费标准		
停车时间		停车收费
8: 00—18: 00	2 h(含)内	免费
	2~4 h(含)内	3 元/车次
	4 h以上	5 元/车次
18: 00(含)—次日8: 00(含)	1 元/(车次·h), 最高不超过3 元/车次	
注: 包月每辆车每月 100 元		

图 2 宁波轨道 1 号线望春桥站 P+R 停车场收费标准

1.3 P+R 停车出行存在的问题

为分析宁波现状 P+R 停车场存在的问题,进行问卷调查。调查内容包括出行者的个人属性和出行属性,其中个人属性主要包含被调查通勤者的性别、年龄、职业、学历、年收入、家庭拥有小汽车情况、出行是否携带小孩或老人等,出行属性主要包括出行时间、出行距离、出行目的、出行方式等。共收集到 107 份有效问卷。对调查数据进行分析,发现 P+R 出行方式存在以下问题:

(1) P+R 停车换乘的理念不够普及。目前宁波市 P+R 停车场已有十几处,但有些人并不真正了解其用途,将它当成低价的公共停车场使用。

(2) 停车场资源浪费。还有些人不知道 P+R 停车场的存在,虽采用 P+R 出行方式,但并没有合理使用 P+R 停车场,导致有些停车场资源浪费。

(3) P+R 停车场建设规模太小,不能满足城市轨道建设带来的交通流,不能有效衔接轨道交通,轨道站点周边的交通秩序混乱。轨道宁波大学站、梁

祝站等处道路两侧及高架桥下违法停车多发;轨道盛莫路站、东环南路站人行道违停现象较普遍;个别站点如轨道正大路站、福明路站违停车辆直接停放在轨道人行入口处,严重影响交通出行环境。

(4) P+R 停车场的收费制度不健全,没有标准的收费优惠标准,难以维持 P+R 停车场的建设和经营。

2 不同收费情况下 P+R 停车出行选择

2.1 模型选择

对出行者选择 P+R 方式出行的意向进行调查。以是否采用 P+R 方式出行为因变量,运用非集计二元 Logistic 回归模型对调查数据进行处理,分析各因素对 P+R 方式出行意向的影响程度,确定主要影响因素及其阈值。

2.2 参数标定

影响居民选择 P+R 停车出行的因素很多,分为出行者自身属性和出行方式特性两类,其中出行者自身因素主要包括性别、年龄、家庭年收入、是否携带老人或小孩,交通方式特性主要包括出行目的、步行距离和停车费用。将上述影响因素作为自变量,对其进行解释定义(见表 1)。

表 1 解释变量

变量名称	取值及定义
性别	取值 1、2。1 为男;2 为女
年龄	为连续变量,直接取值
出行者自身属性	取值 1~8。1 为学生;2 为职员;3 为工人;4 为公务员;5 为老师;6 为个体经营;7 为退休人员;8 为其他
学历	取值 1~4。1 为初中及以下;2 为中专或高中;3 为大专或本科;4 为硕士或以上
家庭年收入	为连续变量,直接取值
是否携带老人、小孩	取值 1~3。1 为会;2 为偶尔会;3 为不会
交通方式特性	出行目的 取值为 1~3。1 为上班;2 为娱乐;3 为生活
步行距离	为连续变量,直接取值
停车费用	为连续变量,直接取值

2.3 出行选择模型

通过 SPSS 中的二项 Logist 模型进行建模分析,根据拟合开始前模型中变量的卡方检验,发现年

龄、学历、家庭年收入、出行是否携带老人或小孩、出行目的、停车费用、步行距离的显著性小于 0.05,说明这些因素对 P+R 出行的影响较显著,故选取这些因素建立模型。各变量的系数见表 2。

表 2 参数评估

参数名称	系数 B	标准误差 S.E.	Wald 卡方值	自由度 df	显著性	比数比 Exp(B)	95% EXP(B)信赖区间	
							下限	上限
性别	-0.075	0.169	1.073	1	0.300	0.840	0.603	1.169
年龄	-0.008	0.010	0.596	1	0.440	0.992	0.972	1.012
职业			83.812	7	0.000			
职业(1)	-2.761	0.328	70.829	1	0.000	0.063	0.033	0.120
职业(2)	-1.773	0.345	26.366	1	0.000	0.170	0.086	0.334
职业(3)	-1.926	0.338	32.487	1	0.000	0.146	0.075	0.283
职业(4)	-2.280	0.372	37.513	1	0.000	0.102	0.049	0.212
职业(5)	-2.125	0.319	44.274	1	0.000	0.119	0.064	0.223
职业(6)	-2.176	0.578	14.186	1	0.000	0.113	0.037	0.352
职业(7)	-2.121	0.422	51.421	1	0.000	0.115	0.054	0.305
学历			73.383	3	0.000			
学历(1)	-0.645	0.304	4.498	1	0.034	0.525	0.289	0.952
学历(2)	0.835	0.218	70.683	1	0.000	0.160	0.104	0.245
学历(3)	0.514	0.247	51.420	1	0.000	0.209	0.194	0.426
家庭年收入	-0.091	0.020	20.520	1	0.000	0.913	0.878	0.950
是否携带老人、小孩			11.679	2	0.003			
是否携带老人、小孩(1)	-0.783	0.238	10.848	1	0.001	0.457	0.287	0.728
是否携带老人、小孩(2)	-0.434	0.230	3.572	1	0.059	0.648	0.413	1.016
出行目的			21.781	2	0.000			
出行目的(1)	0.360	0.140	4.725	1	0.030	0.738	0.561	0.971
出行目的(2)	0.304	0.143	6.393	1	0.011	1.434	1.084	1.896
停车费用	-0.462	0.023	407.160	1	0.000	0.630	0.602	0.659
步行距离	-0.004	0.000	559.382	1	0.000	0.996	0.996	0.997
常数	7.097	0.603	338.506	1	0.000	5 965.591		

由表 3 得 P+R 出行选择模型如下:

$$P_1=0.008N-0.645X_1+0.835X_2+0.514X_3-0.091S-0.783Y_1-0.434Y_2+0.360M_1+0.304M_2-0.462F-0.004L+7.097$$

式中: N 为年龄; X_1 为学历(1); X_2 为学历(2); X_3 为学历(3); S 为家庭年收入; Y_1 为出行是否携带老人或小孩(1); Y_2 为出行是否携带老人或小孩(2); M_1 为出行目的(1); M_2 为出行目的(2); F 为停车费

用; L 为步行距离。

学历低与选择 P+R 方式出行呈负相关,学历高与选择 P+R 方式出行呈正相关;家庭年收入与选择 P+R 方式出行呈负相关,收入越高选择 P+R 方式出行的概率越小;是否携带老人或小孩与选择 P+R 方式出行呈负相关,携带老人或小孩会降低 P+R 出行概率;出行目的与选择 P+R 方式出行呈正相关,以上班为目的的出行选择 P+R 的概率较

高;停车收费与选择 P+R 方式出行呈负相关,收费越高选择 P+R 出行的概率越低;步行距离与选择 P+R 方式出行呈负相关,步行距离越大选择 P+R 出行的概率越低。

2.4 灵敏度分析

为评判模型结果的好坏,通过 SPSS 的 ROC 曲线对其进行灵敏度分析。ROC 曲线为受试者工作特征曲线,是反映敏感性和特异性连续变量的综合指标。其采用构图法揭示敏感性和特异性的相互关系,通过将连续变量设定多个不同临界值,计算一系列敏感性和特异性,再以敏感性为纵坐标、1-特异性为横坐标绘制曲线,曲线下面积越大,则诊断准确性越高。在 ROC 曲线上,最靠近坐标图左上方的点为敏感性和特异性均较高的临界值。停车费用 ROC 曲线下面积为 0.717,渐进显著性为零,具有统计意义,说明停车费用对是否选择 P+R 方式出行有意义。曲线下面积越大,说明效能越大。

为进一步分析各解释变量对是否采用 P+R 方式出行的影响,确定各主要解释变量的相对重要性,采用弹性分析法分析停车收费价格等因素对 P+R 方式出行的影响。弹性值定义为因变量的变化量对原来值的比值与自变量的变化量对原来值的比值的比。根据弹性值的定义,将自变量定义为小汽车出行方式的停车费用,因变量定义为选择小汽车出行方式的概率:

$$P_i = f(C_i)$$

设当小汽车出行方式的停车费用变化 ΔC_i 时,选择小汽车出行方式概率的变化量为 ΔP_i ,则:

$$\Delta P_i = f(C_i + \Delta C_i) - f(C_i)$$

非集计模型中解释变量并非唯一的,需设定其他解释变量的值。采用平均值法进行设定,该方法是将研究对象全体的平均值代入求解点弹性。之后通过非集计模型求解不同收费情况下选择 P+R 方式出行的概率,求解结果见表 3。

表 3 不同停车收费标准下 P+R 出行方式的选择概率预测结果

停车费用/[元·(车·次) ⁻¹]	选择 P+R 方式出行的概率/%	不选择 P+R 方式出行的概率/%	转移比例/%
3	92.62	7.38	7.38
5	84.14	15.86	8.48
7	68.52	31.48	15.62
10	58.21	41.79	10.31
12	45.14	54.86	13.07

从表 3 可看出:当停车费用为 3 元/(车·次)时,有 92.62%的居民愿意选择 P+R 方式出行;5 元/(车·次)时,有 84.14%的居民愿意选择 P+R 方式出行;7 元/(车·次)时,有 68.52%的居民愿意选择 P+R 方式出行;10 元/(车·次)时,有 58.21%的居民愿意选择 P+R 方式出行;12 元/(车·次)时,仅有 45.14%的居民愿意选择 P+R 方式出行。其中,当停车费用为 7 元/(车·次)时,转移比例 ΔP_i 最大,说明居民对该价格较为敏感。因此,最佳停车收费标准为 5.15~6.23 元/(车·次)。

3 P+R 停车收费政策建议

P+R 停车场的票价结构作为 P+R 停车换乘系统的重要部分,影响着 P+R 停车换乘系统的运行。合理的停车费用包含时空差异和停车设施类型差异,能在时空上对城市交通加以引导,确保整个交通系统的均衡与可持续发展。实际执行过程中可采用市场调节价、政府指导价和政府定价 3 种机制,并实行“统一政策、分级管理”的收费管理办法。根据调查及模型所得,建议宁波采取分时收费、分区收费、优惠收费等政策。

3.1 分时收费

将 P+R 按工作日、节假日进行区分,工作日 P+R 停车场主要服务于通勤交通,可考虑发行月卡、季卡或年卡,以保证 P+R 停车场的利用率,减少资源浪费;节假日可采取短时间低收费、长时间高收费的政策,以提高 P+R 停车场的周转率。

3.2 分区收费

将 P+R 停车场按区域分为三类:一是三江片区外围轨道线路站点周边的 P+R 停车场,用以保护三江片区,屏蔽副城、组团机动车交通。该区域的 P+R 停车收费可采取短时间高收费、长时间低收费的方式,吸引通勤交通往 P+R 方式转移。二是中心城区外围的 P+R 停车场,用以保护城市中心区,屏蔽外地、市域其他地区的车辆。该区域的 P+R 停车可结合周边停车设施的利用,按标准的公共交通停车场标准收费。三是轨道线路起、终点周边的 P+R 停车场,用以连接偏远区域与城市中心的交通。该区域的 P+R 停车可采取低价或免费的收费标准,以提高轨道交通利用率,吸引更多的人选择 P+R 方式出行。

3.3 优惠收费

结合轨道交通和公共交通收费,建立一体化的

优惠收费体制。对于存在 P+R 停车换乘的居民,可持当日乘坐公共交通的“公交卡”享受停车收费优惠,停车收费标准不论白日、夜间一律为正常收费的一半。

4 结语

停车换乘是目前国内外城市行之有效的交通需求管理措施,尤其是轨道交通换乘停车场对私家车主的吸引力较大,外围机动化交通出行通过轨道换乘出行,既可节省核心城区的高额停车费,也具有好的出行体验。地铁速度快,舒适度高,同时在交通不拥挤的外围区域,公共交通发展成本高,机动化出行在出行结构上具有一定合理性。因此,建议宁波以换乘停车位的建设为抓手,实施城市交通需求管理政策,重点发展轨道外围站点停车换乘建设。考虑到宁波居民出行距离相对较短,单位免费停车位较多,轨道换乘吸引力大,但轨道交通成本也不低,停车换乘收费标准不宜过高,应在政府政策支持和财政补贴下,尽可能地降低收费标准,促进停车换乘行为。

该文主要围绕 P+R 停车场的停车收费政策进行研究和分析,存在以下问题,有待进一步深入研究:1) 调查量的采集。本次研究主要通过网上问卷调查进行,问卷覆盖还不够全面,收集到的调查样本量不能充分反映所有人群对 P+R 停车场的意向。需加大人力投入,进行大规模调查,得到尽可能多的

调查问卷样本量,提高研究的精确性。2) 仅考虑了部分影响因素,建立的模型严谨性不够高,需进一步完善。3) 仅从停车收费标准调整的角度研究 P+R 出行方式选择,而影响 P+R 出行方式选择的因素许多,后续研究中可综合考虑各项因素,分析各因素的共同作用对 P+R 出行方式选择的影响。

参考文献:

- [1] Daniel Baldwin Hess. Effect of free parking on commuter mode choice: Evidence from travel diary data[J]. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2001, 1753(1).
- [2] Peter J Foote. Chicago transit authority weekday park-and-ride users: Choice market with ridership growth potential[J]. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2000, 1735(1).
- [3] 李语萱. 长沙城市轨道交通停车换乘(P+R)设施规划研究:以光达站为例[J]. 城市建设理论研究:电子版, 2018(30).
- [4] 喻军皓. 上海市 P+R 停车场库发展策略研究[A]. 创新驱动与智慧发展:2018 年中国城市交通规划年会论文集[C]. 2018.
- [5] 史明鑫. 北京市停车换乘选择行为影响因素分析[D]. 北京:北京交通大学, 2018.
- [6] 曹弋, 杨忠振, 左忠义. 基于地铁停车换乘的区域差异性停车收费策略[J]. 交通运输系统工程与信息, 2017, 17(3).

收稿日期:2019-09-04

《公路与汽运》杂志 2021 年征订启事

《公路与汽运》杂志由长沙理工大学主办,是一份介绍汽车、道路、桥梁等公路交通领域科技信息的面向国内外公开发行的技术类科技期刊。国际标准刊号:ISSN 1671-2668,国内统一刊号:CN 43-1362/U。为首届(2006 年)中国高校特色科技期刊、湖南省一级期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊,被中国期刊全文数据库及中文科技期刊数据库全文收录、万方数据—数字化期刊群全文上网,并荣获首届《CAJ-CD 规范》执行优秀期刊奖。

本刊立足公路交通系统,报道国内外汽车与公路交通领域的最新研究成果,荟萃汽车运用与维修技术,传播公路交通安全知识,介绍公路运输行业的新技术与管理经验,刊登公路交通工程的新工艺、新技术、新材料。2021 年拟设主要栏目:汽车工程;交通规划与管理;运输与物流;道路工程;桥隧工程;工程经济与管理。

本刊为双月刊,逢单月 25 日出版。发行代号:国内 42-95,国外 DK43002。每期定价 15 元,全年 90 元。读者可在当地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部索取订单订阅,订阅款请汇至本刊编辑部或银行账号。

通信地址:长沙理工大学金盆岭校区 8 号信箱

邮编:410076

联系电话:0731-83528400

开户行:长沙市农行高云支行

户名:长沙理工大学

账

号:18-051401040000158